

文章编号: 1672-8785(2024)01-0020-07

红外探测器振动噪声自动 采集系统设计

石佳节 张 研 李进武 石 英 赵 楠 许富翔

(华北光电技术研究所, 北京 100015)

摘 要: 红外探测器应用时受环境影响或外力作用会产生机械振动, 从而引起振动噪声。噪声电压干扰会极大地降低探测器的跟踪能力和探测距离。因此振动噪声引起广泛关注, 它是评价探测器的重要参数, 也是剔除不合格探测器的重要手段。随着国内与国际市场对红外探测器的需求日益增加, 传统人工监测并记录的测试方法已不能满足目前的产能需求。研究了一款支持不同规格红外探测器的振动噪声自动采集系统, 主要介绍了系统设计原理、系统组成、各模块功能等。该系统的成功应用有效解决了红外探测器振动噪声测试效率低、准确率低的问题。以一款多元探测器为例, 测试效率提高 3 倍, 准确率为 100%。该系统实现了振动噪声测试自动采集、无人值守, 节约了人力成本。

关键词: 红外探测器; 振动噪声测试; 控制器; 传感器; 数据采集卡; 设计原理

中图分类号: TN215 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2024.01.003

Design of Automatic Acquisition System for Vibration Noise of Infrared Detectors

SHI Jia-jie, ZHANG Yan, LI Jin-wu, SHI Ying,
ZHAO Nan, XU Fu-xiang

(North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015, China)

Abstract: During the application of infrared detectors, mechanical vibrations may occur due to environmental influences or external forces, resulting in vibration noise. Noise voltage interference can greatly reduce the tracking ability and detection distance of the detector. Therefore, vibration noise has attracted widespread attention, as it is an important parameter for evaluating detectors and an important means of removing unqualified detectors. With the increasing demand for infrared detectors in both domestic and international markets, traditional manual monitoring and recording testing methods can no longer meet the current production capacity requirements. A research is conducted on an automatic acquisition system that supports the vibration and noise of infrared detectors of different specifications. The system design principle, system composition, and functions of each module are mainly introduced. The successful application of this system effectively solves the problems of low efficiency and accuracy in vibration noise testing of infrared detectors. Taking a multi-detector as an example, the testing efficiency has increased by three times and the accuracy is 100%. The system reali-

收稿日期: 2023-06-25

作者简介: 石佳节(1984-), 男, 北京人, 工程师, 主要研究方向为红外探测器可靠性试验。

E-mail: 1065720219@qq.com

zes automatic collection of vibration and noise testing, unmanned, and saves labor costs.

Key words: infrared detector; vibration noise test; controller; sensor; data acquisition card; design principle

0 引言

红外探测器在医疗卫生、军事、安防以及环境监测等领域得到广泛的应用。它具有探测距离远、灵敏度高、响应速度快等特点,尤其在高精尖的国防军事领域有着广泛的应用。噪声是探测器的重要测试参数,该项测试一直受到充分重视。随着红外探测器的不断研发和生产技术的日趋成熟,国内与国际市场对红外探测器的需求日益增加。而现有红外测试系统的测试效率低,精度差,自动化程度低。购买多套测试系统会增加成本,并导致人员与场地急剧增加,进而面临测试实验室扩建等问题。面对日益激烈的竞争市场,急需开发一款测试效率高、精度高的自动化采集系统。

中国电子科技集团公司第十一研究所主要从事红外探测器的研发和生产,在国内承担多个重要型号任务。面对日益激烈的竞争市场,产能提升迫在眉睫。本文主要对振动噪声采集系统的硬件组成、软件采集和数据保存等方面进行介绍。

1 红外探测器振动噪声测试简介

红外探测器是一种将入射的红外辐射信号转换为电信号输出的器件。在实际应用中受环境影响、外力作用会产生机械振动,从而产生振动噪声,使其噪声电压值突然升高,有时升至相对静态噪声电压值的数十倍。这会对探测器信号产生干扰,影响探测器的探测距离和跟踪能力,严重时可以使探测器完全失效。红外探测器在振动环境中的工作稳定性极其重要,

振动噪声是反应其性能的重要指标。通过振动台模拟实际使用环境,对振动噪声进行准确测试。在探测器交付使用前,为确保其可靠性,进行动态噪声测试是必要的,以免将不合格的探测器送到用户手里,影响产品形象。

首先,组件通过专用夹具与振动台连接,探测器在工作状态下通过专用的后放电路输出噪声电压值。将后放电路的输出端连接到数字电压表或示波器,人工读出噪声电压值。测试原理图如图 1 所示。试验要求如下: 20 Hz~2000 Hz~20 Hz 扫频,加速度量值为 6g,时间为 5 min。振动开始前,记录探测器工作时的静态噪声 V_{N0} ; 振动过程中全程监测噪声变化的最大值 V_N 及相应频率。振动噪声 V_N 不大于静噪声 V_{N0} 的 1.5 倍。试验全过程中人工监测噪声变化并记录数据,最后计算两个噪声的比值,判别产品是否合格。

以上只是一款单元探测器的测试过程。对于多元探测器来说,需重复以上过程多次才能完成测试,因为人工测试每次只能检测一个通道。传统的测试方法费时、费力,而且人工监测记录容易出错。随着产能日益剧增,急需研发一款支持不同规格红外探测器的振动噪声自动采集系统。

2 自动采集系统概述

红外探测器通过后放电路输出模拟电压噪声值。由于红外探测器的固有噪声值很小,需将微弱的信号放大。后放电路输出的模拟信号经采集系统识别后,转换为计算机可识别的数

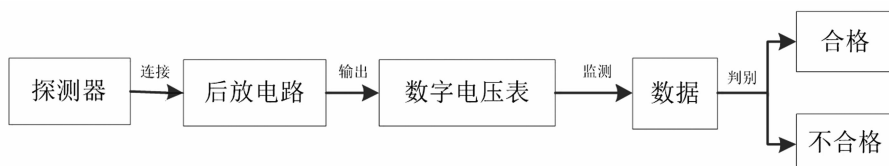


图 1 测试原理图

字信号,同时通过传感器采集振动台工作时的实时参数(包含振动频率、振动幅值和工作时间等),然后将其送至计算机处理,得到所需的数据。采用 LabVIEW 软件将以上获取的数据整合到一个界面,以实现对各种数据的动态监测。在测试中,计算机后台对探测器的静态噪声 V_{N0} 与振动噪声 V_N 进行实时比测,从而判定探测器振动噪声的合格率。试验结束后便可一键存储数据,随时可输出打印。

3 自动采集系统组成

红外探测器振动噪声自动采集系统的设计原理如图 2 所示。其中,硬件部分包含放大电路、NI 采集卡、PCB 加速度传感器、计算机和同轴电缆;程序设计部分包含数据采集、信号处理、数据计算、数据显示和数据存储。

3.1 硬件部分

红外探测器振动噪声自动采集系统的硬件连接如图 3 所示。红外探测器的固有噪声值很小,需将微弱的信号通过放大电路放大。放大电路的输出端通过同轴电缆连接到采集系统的接口端,接口端通过数据线连接 NI PXI-6284 采集卡,用于采集探测器的噪声电压值。在振动台面上安装一个 PCB 320C15 型加速度传感

器,用于反馈探测器振动时的加速度值和频率值。将传感器通过数据线连接到 NI PXI-4462 振动专用采集卡。NI PXI-1031 机箱通过卡槽连接上述两款采集卡,机箱通过数据线连接显示器,用于显示实时采集和监控的数据(见图 4)。

3.1.1 机箱

作为整个系统的控制器,NI PXI-1031 机箱装载的 NI PXI-8820 控制器是一款测控高性能控制器。该设备使用的是 Windows 操作系统,兼容大多数软件,给用户带来了极大的方便。NI PXI-1031 机箱具有强大的抗干扰能力以及小巧的体积,有效地解决了应用 PC 机作为控制器时移动不便及其它问题。

3.1.2 加速度传感器

选取 PCB 320C15 型加速度传感器,其灵敏度为 10.50 mV/g ,谐振频率为 69.5 kHz ,测量范围为 $\pm 50g$ 。将探测器产生的振动幅值和频率转换为系统能识别的信号进行采集,从而完成数据传输。

3.1.3 采集卡

用 NI PXI-4462 采集卡采集振动信号,将传感器反馈的信息传递到控制器。预置 4 个

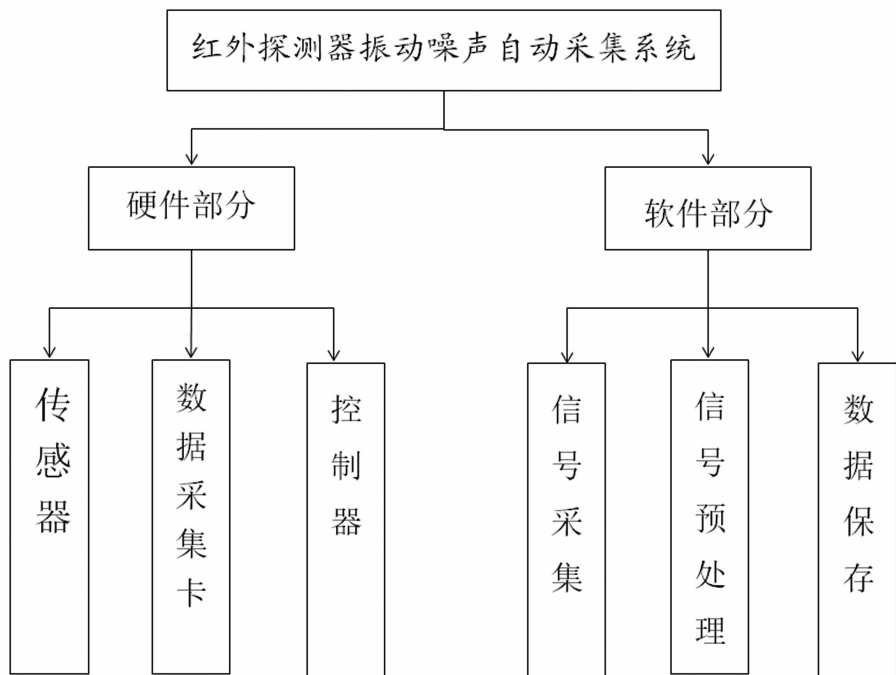


图 2 设计原理图

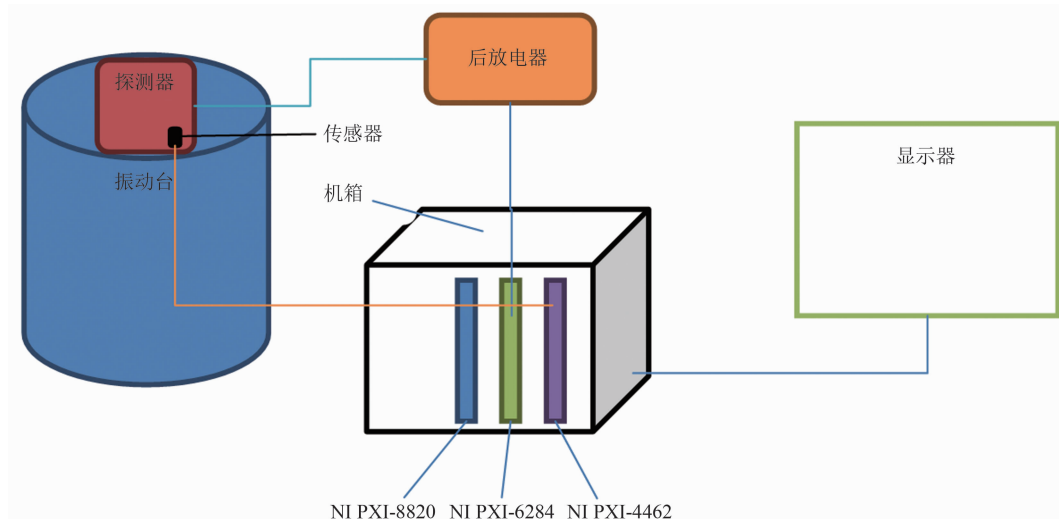


图 3 硬件连接图



图 4 采集监控界面图

BNC 输入通道, 将 PCB 320C15 型传感器通过转接卡与数据采集卡连接后, 再将数据采集卡插入机箱相应位置, 即可完成硬件的连接。该采集卡的最大采样率为 204.8 K/s, 分辨率为 24 位, 输入范围为 $\pm 316 \text{ mV} \sim 42.4 \text{ V}$, 动态范围为 118 dB。

用 NI PXI-6284 采集卡采集探测器的振动噪声信号。目前开发的采集卡可同时采集 16 个通道噪声。将噪声信号通过同轴电缆连接到专用接口端。通过专用数据线将接口端连接到采集卡, 再将数据采集卡插入机箱预置插槽

中, 即可完成硬件连接。该采集卡的最大采样率为 625 K/s, 分辨率为 18 位, 输入通道为 32 路 AI, 动态范围为 118 dB。

3.2 软件部分

系统软件部分的设计原理如图 5 所示。首先实现初始化数据采集, 如通道数量、频率和实时噪声等设置信息。然后设置数据采集系统的开始、停止功能, 对采集到的信息进行预处理并保存初始化信息, 以便于后期处理和分析。为使系统运转高效, 软件部分选用 NI 公司的 LabVIEW 软件。

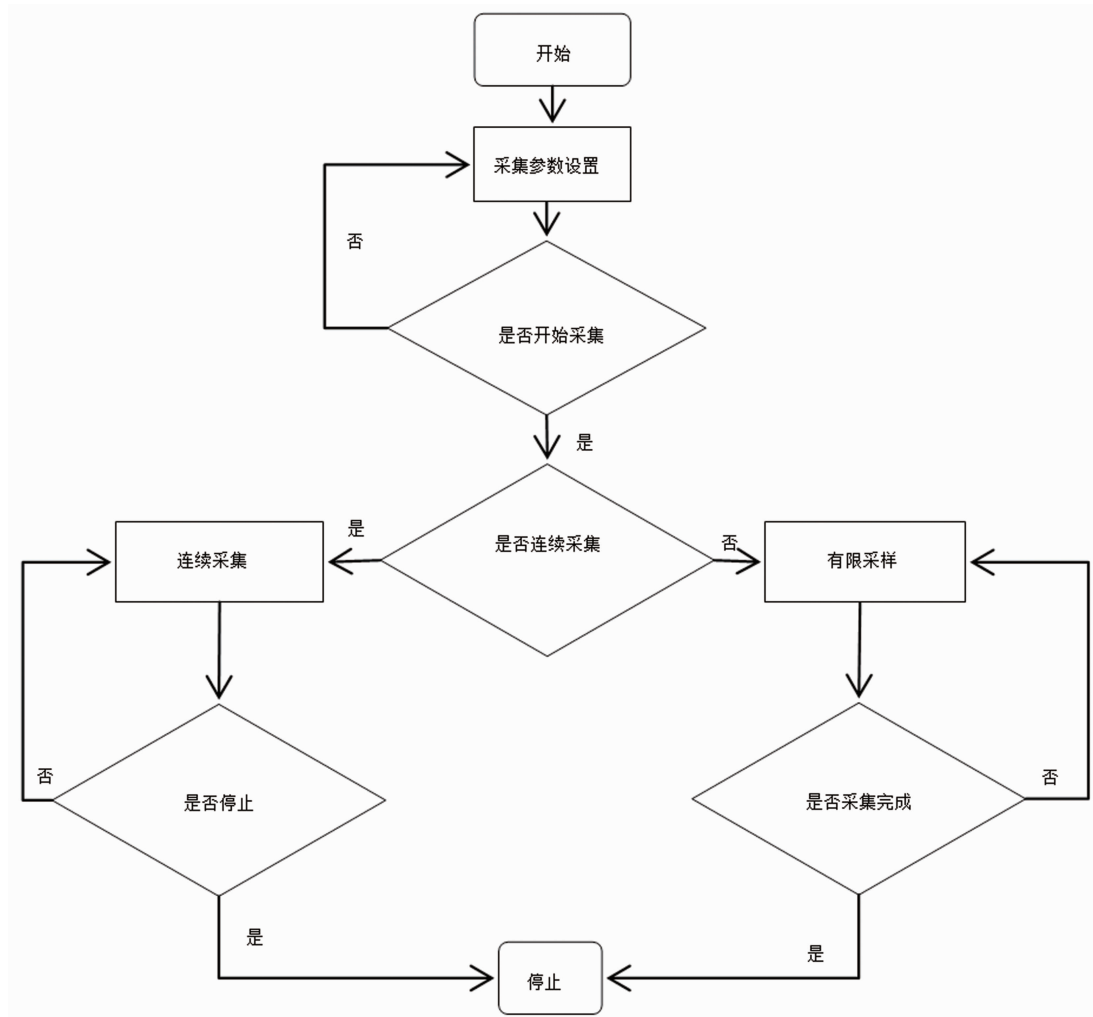


图 5 软件设计原理图

(1) LabVIEW 是美国 NI 公司开发的创新软件, 发展速度快, 目前被广泛应用于各个领域。该软件最初是为测试测量而设计的系统工程软件, 因此测试测量是现在 LabVIEW 应用最广泛的领域。

(2) 使用图形化编程语言在程序框图中创建源程序, 用程序框图代替传统的程序代码, 操作方便, 编程简单易懂, 降低了对使用者编程经验的要求。

(3) 兼容串行接口、GPIB、VXI 等 550 多种标准总线设备及数据采集卡。

(4) 库函数和例子丰富。对于大多数应用程序, 可直接从例子中取得程序能架, 提高开发速度。

(5) 具有完备的代码接口, 可调用 Windows 中的动态链接库。

(6) 直接支持动态数据交换 (Dynamic Data Exchange, DDE)、对象链接与嵌入 (Object Linking and Embedding, OLE)、结构化查询语言 (Structured Query Language, SQL), 便于与其他 Windows 应用程序和数据库应用程序接口。

(7) 网络功能强大, 支持 UDP、TCP 等网络协议, 可遥控分布在其他微机上的虚物仪器设备。

(8) LabVIEW 的功能应用广泛。为适应各种工业领域应用的需要, NI 公司又开发了一系列配合使用的软件包, 如自动测试工具、SPC 分析函数工具、可连接 25 种数据库的 SQL 工具、图形控制和信号处理套件等。

3.2.1 参数设置

参数初始化是指采集系统工作前用户可以

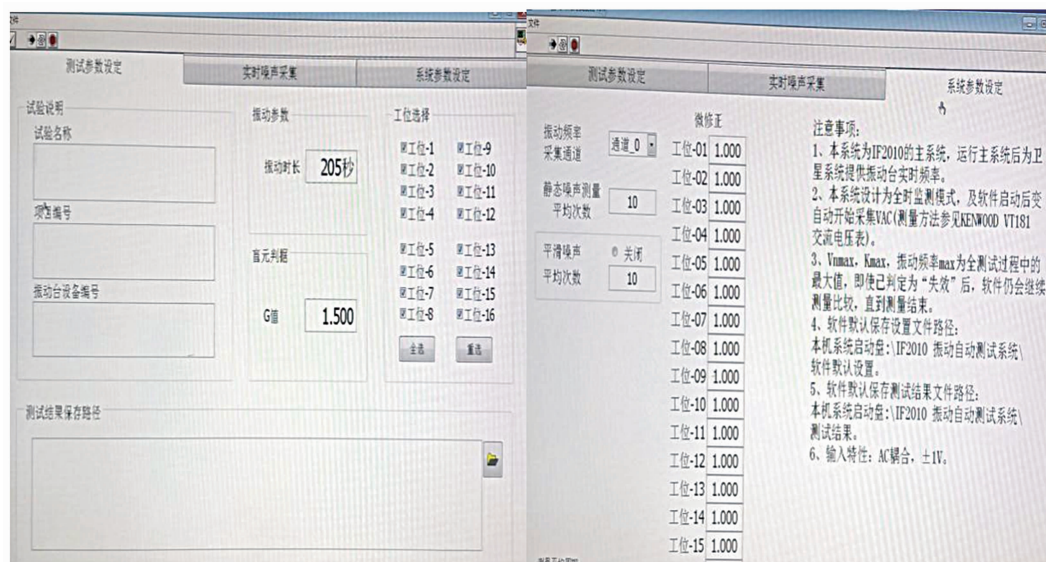


图 6 参数设置图

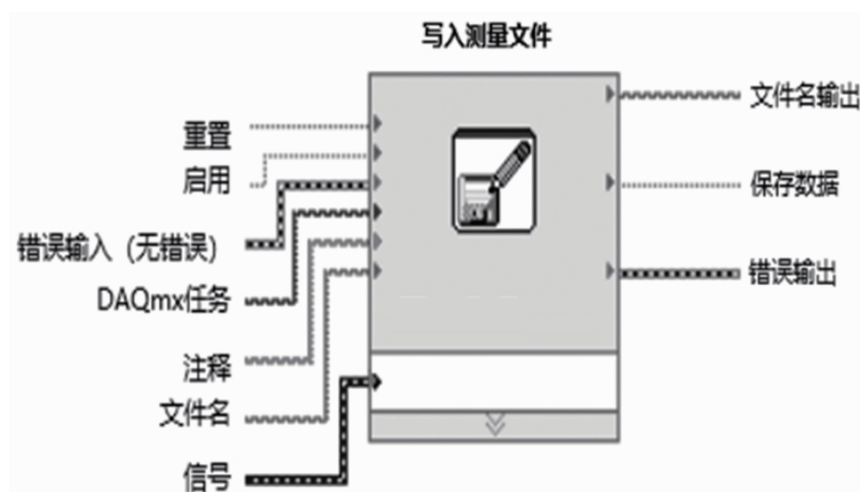


图 7 端口定义图

对采样速率、通道数量、时间参数和判别参数等重要参数进行设置(见图 6), 从而保证试验有效开展。设置完成后, 点击开始测试按钮, 系统会按照预设置参数工作。

3.2.2 数据处理

数据保存模块的作用是, 数据采集完成后可一键输出设置好的数据, 以便后续对数据进行研究。在 LabVIEW 中通过写入测量文件 VI (端口定义如图 7 所示) 设置文件名称、保存路径和错误信息等内容, 实现对数据的保存(见图 8)。

4 振动噪声测试注意事项

为保证振动噪声测试的准确性, 除了必要

的测试系统, 还要注意各硬件系统的连接和接地等细节问题。以下是我们总结的几条经验: (1) 测试系统旁应设置良好接地端子。(2) 各硬件系统需接地线, 避免信号干扰进入测量系统。(3) 测试系统所有连接线屏蔽和接地, 避免干扰引入测量系统。(4) 测试线焊接应牢固, 避免焊点受振。测试线需固定, 防止剧烈振动。若测试线长时间激振, 则会导致绝缘层摩擦带电, 从而引起干扰。(5) 试件与夹具的紧固程度不要过度, 否则会产生共振噪声, 影响测试准确性。(6) 试验前调试测试系统, 保证不会因受到干扰而引起附加噪声。

注意了以上各点, 准备一个标准组件, 按

振动自动测试系统 测试报告					
试验名称 :	XXXXX				
项目编号 :	XXXXXX				
振动台设备编号 :	XXXXXXX				
测试时间 :	xxx年x月x日 17:27				
盲元判据G :	1.5				
	静态噪声	Vn max	K max	振动频率max	判定
工位1	1.58mV	1.70mV	1.08	44.61Hz	合格
工位2	0.33mV	0.35mV	1.08	45.29Hz	合格
工位3	0.35mV	0.36mV	1.03	36.15Hz	合格
工位4	0.31mV	0.32mV	1.05	44.66Hz	合格
工位5	0.01mV	0.01mV	1.04	44.31Hz	合格
工位6	0.01mV	0.01mV	1.03	22.02Hz	合格
工位7	0.01mV	0.01mV	1.04	22.69Hz	合格
工位8	0.01mV	0.01mV	1.03	44.31Hz	合格
工位9	0.08mV	0.08mV	1.03	44.17Hz	合格
工位10	0.07mV	0.08mV	1.04	44.74Hz	合格

图 8 数据存储界面图

要求的条件振动。比如,组件振动前的静态噪声为 1.5 mV,在 20~2000 Hz 之间逐点扫频振动,动态噪声变化值在 1.5~1.7 mV 之间,表明未引起噪声干扰,系统满足测试要求。

5 结束语

红外探测器振动噪声自动采集系统具有设计体积小、布局紧凑、抗干扰能力强、接口简单、移动方便和操作简便等优点,并具有一定的通用性,既可测试单元红外探测器的振动噪声,也可测试不同规格多元红外探测器的振动噪声。在测试中动态监测各种数据并实时判别探测器噪声的合格率。试验结束后便可一键存储数据,随时可对测试数据进行分析。改进了传统红外探测器人工监测振动噪声并记录数据的测试方法,实现了红外探测器振动噪声的自

动采集,解决了红外探测器振动噪声测试效率低、准确率低的问题。下一步将对成像探测器组件的振动噪声进行研究,争取早日开发高效、可靠的测试系统。

参考文献

- [1] 林立. 金属结构红外探测器振动噪声的研究[J]. 红外与激光工程, 2006, 35(3): 282-284.
- [2] 李思琦. 基于 NI-PXIe 的矿用通风机滚动轴承振动信号采集系统设计[J]. 煤矿机械, 2020, 41(2): 187-190.
- [3] 谢君材. 红外探测器振动噪声的测试与分析[J]. 航空兵器, 1987, 8(5): 10-12.
- [4] 周鹏. 基于 DSP 和 LabVIEW 的虚拟仪器系统研究[D]. 烟台: 烟台大学, 2007.